

ジャトロファ搾りかすによるストロンチウムイオンの吸着

中山 雅斗¹, 坂元 章², 鈴木 郁功³, 下古谷 博司^{1*}

¹ 鈴鹿工業高等専門学校・材料工学科 (〒510-0294 三重県鈴鹿市白子町官有地)

*hshimo@mse.suzuka-ct.ac.jp

² (株)ブルースカイ (〒485-0802 愛知県小牧市大草 2058-1)

³ 長春中医薬大学 中医薬バイオ研究所, 中国, (130021 吉林省長春市紅旗街東胡同 2-2)

Removal of Strontium Ions from an Aqueous Solution by Adsorption onto *Jatropha Waste*

Masato NAKAYAMA¹, Akira SAKAMOTO², Ikukatsu SUZUKI³, and Hiroshi SHIMOFURUYA¹

¹Department of Materials Science and Engineering, National Institute of Technology, Suzuka College.

Shiroko-cho, Suzuka-shi, Mie 5100294, Japan

²BLUE SKY Corporation, Ohkusa Komaki-shi, Aichi 4850802, Japan

³Changchun University of Chinese Medicine, China, 2-21 Hongqi Donger Hu Tong,
Changchun, Jilin 130021, China

(Received April 18, 2018; Accepted May 14, 2018)

Abstract

In the present investigation, we focused on the metal ion adsorption ability of *Jatropha residue* and found it a promising material for adsorbing strontium ions from an aqueous solution. The effects of pH, adsorbent dosage, and agitation time were studied using a batch adsorption technique. Results showed higher adsorption of strontium ions on *Jatropha residue* in the range of pH 6 to 8. Moreover, the adsorption of strontium ions increased with increasing dosages of *Jatropha residue*, and the constant adsorption was observed at dosages of 0.07g and higher. Additionally, the adsorption of strontium ions on *Jatropha residue* occurred rapidly in the early period, and 80% of strontium ions were adsorbed in 3 min of agitation time. Our results showed that *Jatropha residue* was one effective adsorbent for strontium ions.

Keywords: Strontium ions, Adsorption, *Jatropha residue*

1. 諸言

ジャトロファは、アジアやアフリカなどに自生している多年草の植物であり、痩せた土地でも成長するため栽培が容易である。また、このジャトロファの種子から搾られた油は、粗油の状態でも燃焼可能であるが、化学処理することでバイオディーゼル燃料として使用することができる。そのため、近年、ジャトロファはバイオディーゼル燃料の

原料として注目されている[1]。しかしながら、搾油後には必ず搾りかすが生じるため、その搾りかすの有効利用が切望されている。

我々の研究室では、これまで、廃棄系バイオマスの一つであるオカラの有効利用法について検討し、オカラは、金属イオン吸着能[2]、可溶性色素吸着能[3]、懸濁物質凝集能[4]の少なくとも3機能を有していることを明らかにした。

そこで、本研究では、ジャトロファ搾りかすの水処理剤への応用を最終目標とし、まず始めにジャトロファ搾りかすの金属イオン吸着能について検討することとした。なお、吸着対象とする金属イオンは、2011年3月11日の東日本大震災で、福島原子力発電所から漏出した Sr²⁺イオンに注目した。

2. 実験方法

2.1 試料と試薬

搾油後の自然乾燥したジャトロファ搾りかすは(株)ブルースカイより提供して頂いた。このジャトロファ搾りかすをミキサー(サン株式会社 FM-50)で粉砕し、ふるいで粒径 200~300 μm に揃えたものを試料とした。また、Sr²⁺イオン溶液の調製には塩化ストロンチウム六水和物(和光純薬工業株式会社, 特級)を用い、塩化カリウムはナカライテスク社の特級を使用した。

2.2 吸着試験

100ml の三角フラスコに試料を適量加えた後、125ppm の Sr²⁺イオンストック溶液を 8ml, さらに蒸留水 40ml を加え、pH 調整剤(0.1mol/l HNO₃ または NaOH)で混合溶液の pH を目標値に調整した。次いで、最終容量が 50ml になるように蒸留水を加え、25℃の恒温振とう機(Thomas T-22LAS)に移し、100rpm で一定時間振とうした。メンブレンフィルター(0.45 μm)を用いてろ過した後、ろ液 9 ml に塩化カリウム水溶液(15,000ppm) 1 ml を加え、原子吸光光度計(SHIMADZU AA-6200)を用いて溶液中の Sr²⁺イオン濃度を測定した。

2.3 タンパク質分解試料

ジャトロファ搾りかす中の Sr²⁺イオン吸着成分を調べるために、タンパク質分解試料を調製し Sr²⁺イオン吸着率に及ぼす影響を調べた。タンパク質の分解は過塩素酸(和光純薬工業株式会社, 特級)により行った[5]。ジャトロファ搾りかすを 30%過塩素酸溶液に加え、10 分間攪拌後、ろ紙を用いて吸引ろ過し蒸留水で洗浄した。その後、凍結乾燥し得られた粉末をタンパク質分解試料として用いた。

3. 結果と考察

ジャトロファ搾りかすに対する Sr²⁺イオン吸着率の pH

依存性を調べるため、pH2~12 の範囲で Sr²⁺イオン吸着試験を行った。その結果を Fig. 1 に示す。

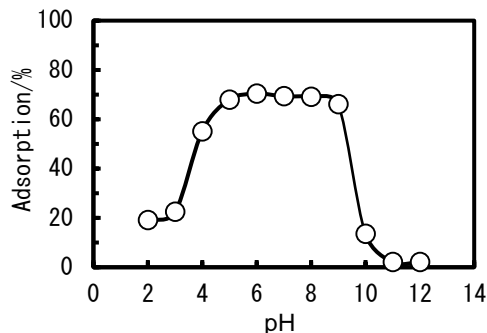


Fig. 1 Sr²⁺イオン吸着率と pH の関係

pH3 以下と 10 以上では、ジャトロファ搾りかすへの Sr²⁺イオン吸着率は低く、pH6~8 の間で高い吸着率が得られた。これはジャトロファ搾りかす中の Sr²⁺イオンを吸着する成分にカルボキシル基のような負に荷電する官能基の存在を示唆している。そのため、pH3 以下では H⁺イオンとの競合により Sr²⁺イオン吸着率が低くなり、中性域では高い Sr²⁺イオン吸着率を示したと考えられる。従って、高い Sr²⁺イオン吸着率を示した 6~8 を最適吸着 pH として選択したが、以後の吸着実験は pH7 で行った。

次に、Sr²⁺イオン吸着率に対する試料添加量の影響について調べた。その結果を Fig. 2 に示す。

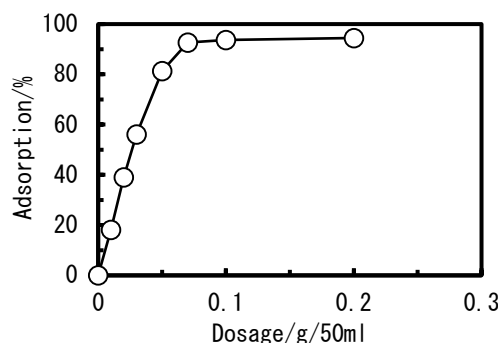


Fig. 2 Sr²⁺イオン吸着率と試料添加量の関係

Sr²⁺イオン吸着率は、0.07g までは試料添加量の増加とともにその吸着率も直線的に上昇し、その後は一定値を示し平衡状態となった。そのため、0.07g を最適試料添加量とした。

Fig. 3 は、Sr²⁺イオン吸着率に及ぼす振とう時間の影響

を示している。

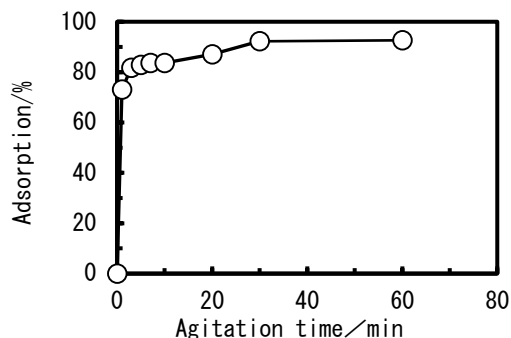


Fig. 3 Sr²⁺イオン吸着率と振とう時間の関係

ジャトロファ攪りかすを添加し3分後には、Sr²⁺イオン吸着率が80%を超え、その後はゆっくりと上昇し、30分以後は一定値を示し平衡状態に達することがわかった。このことから、最適振とう時間として30分を選択した。また、振とう時間3分で吸着率が80%以上に達したことから、ジャトロファ攪りかすは短時間で水中に溶存するSr²⁺イオンを吸着・除去できる吸着剤への応用が示唆された。

以上の結果から得られたジャトロファ攪りかすのSr²⁺イオンに対する吸着条件をTable1に示す。

Table 1 Sr²⁺イオンの最適吸着条件

pH	添加量 (g)	振とう時間 (min)
6~8	0.07	30

次に、ジャトロファ攪りかすのSr²⁺イオン飽和吸着量を調べるために、Langmuir吸着等温線を作成した。一般に、Langmuir吸着等温式は(1)式で示される。

$$\frac{1}{Q_e} = \frac{1}{Q_m} + \frac{1}{Q_m \cdot K \cdot C_e} \quad (1)$$

ここで、Q_eはSr²⁺イオン吸着量 (mg/g)、C_eは平衡時の溶液中のSr²⁺イオン濃度 (mg/l)、KはLangmuir定数、Q_mは飽和吸着量 (mg/g)である。得られたLangmuir吸着等温線をFig.4に示す。

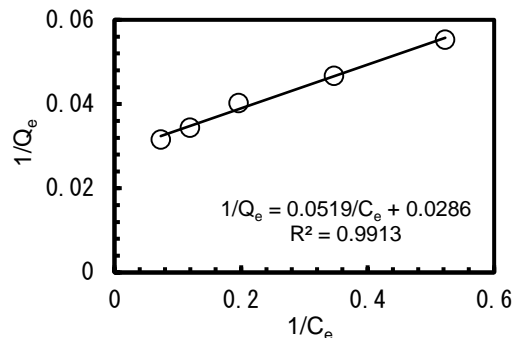


Fig. 4 Langmuir 吸着等温線

このグラフの切片からジャトロファ攪りかすのSr²⁺イオン飽和吸着量を計算すると、試料1gあたり35mgであった。ゼオライト[6]の飽和吸着量が303mgで、活性炭[7]が44mgであることを考慮すると、ジャトロファ攪りかすは水処理分野で汎用されている活性炭と同程度の吸着量を有することが明らかとなった。

次に、ジャトロファ攪りかす中のSr²⁺イオン吸着成分を調べるために、過塩素酸処理(タンパク質分解)した試料を用いてSr²⁺イオン吸着率に及ぼす影響について調べた。その結果をFig.5に示す。

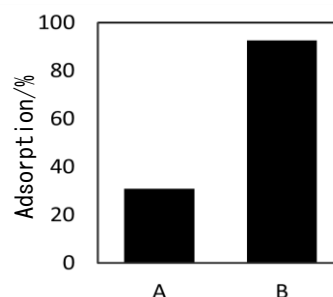


Fig. 5 過塩素酸処理の吸着率への影響

A: 過塩素酸処理した試料, B: ジャトロファ攪りかす

ジャトロファ攪りかすに比べ過塩素酸処理した試料では、Sr²⁺イオン吸着率が30%程度まで減少した。このことから、Sr²⁺イオンはジャトロファ攪りかす中のタンパク質に吸着していることが示唆された。また、過塩素酸処理した試料のSr²⁺イオン吸着率が30%程度残っていたことから、吸着成分としてはタンパク質以外の成分が関与していることも示唆された。

4. 結言

ジャトロファ搾りかすを試料とし、 Sr^{2+} イオンの最適吸着条件を調べた結果、pH 6~8、試料添加量 0.07g、振とう時間 30分という条件が得られた。また、振とう時間 3分で吸着率が 80%以上に達したことから、ジャトロファ搾りかすは短時間で水中に溶存する Sr^{2+} イオンを吸着・除去できる吸着剤への応用が示唆された。

Langmuir 吸着等温線から得られたジャトロファ搾りかす 1g に対する飽和吸着量は 35mg であり、汎用されている活性炭と同程度の吸着能であることがわかった。

一方、過塩素酸処理の結果から、ジャトロファ搾りかす中の Sr^{2+} イオン吸着成分は、タンパク質であることが示唆された。

以上のことから、ジャトロファ搾りかすは Sr^{2+} イオン吸着剤として有効であることが明らかとなった。

5. 参考文献

- 1) Donald L. Kgathia, Gagoitsope Mmopelwab, Raban Chandab, Keotshephile Kashea, Mike Murray-Hudson, A review of the sustainability of Jatropha cultivation projects for biodiesel production in southern Africa: Implications for energy policy in Botswana, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol.246, pp.314-324 (2017)
- 2) 下古谷博司, 瀬川あかり, 下野晃, Sr^{2+} イオンおよび Cs^{+} イオンのオカラによる吸着除去, 第 19 回高専シンポジウム講演要旨集, p.518, 久留米 (2014)
- 3) 下古谷博司, 下野晃, 国枝義彦, オカラによるメチルオレンジの吸着, *J. Technology and Education*, vol.18, No.1, pp.5-8 (2011)
- 4) 下古谷博司, 国枝義彦, 林征雄, 鈴木郁功, オカラによるカオリン懸濁液の凝集沈澱, *J. Technology and Education*, vol.12, No.1, pp.5-8 (2005)
- 5) 川崎直人, 中村武夫, 棚田成紀, 廃棄性バイオマスによる水環境中鉛・鉄イオンの除去, 第 22 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集, pp.511-514 (2006)
- 6) A. M. El-Kamash, Evaluation of zeolite A for the sorptive removal of Cs^{+} and Sr^{2+} ions from aqueous solutions using batch and fixed bed column operations, *J. Hazardous Materials*, vol.151, pp.432-445 (2008)
- 7) S. Chegrouche, A. Mellah, M. Barkat, Removal of strontium from aqueous solutions by adsorption onto activated carbon: kinetic and thermodynamic studies, *Desalination*, vol. 235, pp.306-318 (2009)